

VITAROVAT

A kiválasztási matematikai modell felhasználása a trágyázási szaktanácsadáshoz

BÁN ISTVÁN

MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest

Számos külföldi és hazai trágyázási szaktanácsadási módszer létezik, amelyek elve és eredménye sokszor igen eltérő KOVÁCS I., FEKETE A. és HEGYI G. [2]. Az eltérő eredmények, amelyek pl. különböző N, P, K hatóanyag felhasználását írják elő, nem azt jelentik, hogy a módszerek teljes egészében rosszak, hanem azt, hogy az egyes módszerek általában nem ugyanazokat a hatótényezőket veszik figyelembe és értékelésük is eltérő.

Az eddigi módszerek ismeretében 1976-ban összeállítottunk egy olyan szaktanácsadási módszert, amely elsősorban az agronómiai gyakorlaton alapul, s használja fel a matematikát, és a számítógép technikát.

Definíciók

A szaktanácsadás területi egységeként a táblát fogadjuk el. A táblát talajtani, domborzati, meteorológiai és agronómiai állapot jellemzőivel írjuk le. Minden egyes táblához tehát hozzárendeljük állapotjellemzőit.

Az állapotjellemzők 3 nagy csoportba foglalhatók össze: táblaszintű, nagyobb területi egységre vonatkozó, de jelenleg elfogadjuk táblaszintűnek (egy-egy jellemző értéke több tábla esetén azonos) és mintaszintűek ahol egy táblához több páros számú minta tartozik. A minta szintű értékekből a következőképpen számítjuk ki a táblára jellemző átlagot. A jellemző legyen x_i az általa alkotott halmaz pedig

$$A = Ux_i \quad i = 1; 2n$$

Az A halmazból képezzük a B részhalmazt, amelyre fennáll:

$$\bar{x}' - \varepsilon < x_i < \bar{x}' + \varepsilon$$

$$\text{ahol } \bar{x}' = \frac{\sum_{i=1}^{2n} x_i}{2n} \quad \text{ahol } x_i \in A \text{ (} x_i \text{ eleme A halmaznak)}$$

$$i = 1, 2, \dots, n_k \text{ (} x_i \text{ nagyobb mint } \bar{x}' - \varepsilon, \text{ de kisebb mint } \bar{x}' + \varepsilon \text{).}$$

Az A halmazból képezzük a C részhalmazt, amelyre együttesen fennáll:

$$x_i < \bar{x}' - \varepsilon \quad \varepsilon = \frac{\bar{x}'}{100} \cdot 50$$

vagy

$$x_i > \bar{x}' + \varepsilon$$

és

$$(x_i - x_{i-1}) < \varepsilon \quad i = 2 \dots l$$

$x_i \in A - B$ (x_i eleme A és B halmazok különbségének.)

B és C részhalmazból képezzük

D = BUC halmazt (B és C halmazok együttese). A középértéket $x_i \in D$ értékekből számítjuk

$$\bar{x} = \frac{\sum_{x_i \in D} x_i}{\{D\}} \quad \{D\} = \text{B és C elem számainak összege. } x_i \in D$$

Az adott jellemző értékeinek \bar{x} közép értékét fogadjuk el a táblára jellemző értéknek.

A tábla állapot jellemzői a feldolgozás szempontjából az úgynevezett „kiválasztási” állapot jellemzőkre, a cél „állapot” jellemzőkre és az egyéb állapot jellemzőkre bonthatóak. A kiválasztási állapot jellemzők definiálják a tábla állapotát.

A T tábla kiválasztási állapot jellemzőit jelöljük a következőképpen.

$$T(K1; K2; K3 \dots Kn).$$

Két táblát azonosnak fogadunk el, ha kiválasztási állapot jellemzői azonosak, illetve a mérési bizonytalanság és egyéb nehézségek miatt elfogadott ε értéknél kisebb mértékkel térnek el egymástól. Az ε érték az adott kiválasztási állapot jellemző konkrét számértékének egy adott %-a, amely értéket a halmaz elemei számának növekedésével idővel csökkentünk.

A T_i és T_{i+p} azonos, ha:

$$(K1_i - K1_{i+p}) \leq \varepsilon_1$$

$$K2_i - K2_{i+p} \leq \varepsilon_2$$

$$(K3_i - K3_{i+p}) \leq \varepsilon_3$$

.

.

.

$i = 1, 2, 3 \dots t$

$$(Kn_i - Kn_{i+p}) \leq \varepsilon_n$$

(0)

A kiválasztási állapot jellemzők sorrendjét csak később rögzítjük. Két tetszőleges tábla azonosságának eldöntése során mindig létezik olyan n-edik kiválasztási állapot jellemző, amely erősebb feltételt jelent, azaz kisebb az egyezés valószínűsége, mint a többi kiválasztási állapot jellemző esetében.

Az erősebb feltételt jelentő kiválasztási állapot jellemző azonban más és más az egyes kiválasztási állapotjellemező változó számérték nagysága esetén. Nem ismerjük viszont előre, hogy mekkora kiválasztási állapot jellemző értékekhez kell hasonló kiválasztási állapotjellemező értékeket keresni. Pár év során felgyűlt adathalmaz és a hasonlósági kérdések alapján már lehetőség lesz a sorrendiség optimalizálására vagy a permutált kiválasztási állapot jellemzők egyes gépi futási idejének analizálásával vagy a kiválasztási állapot jellemzők együttes tapasztalati sűrűség függvényének vizsgálatával.

A cél állapot jellemzők a talajerőutánpótlás optimalizálódásában közvetlenül résztvevő állapot jellemzők, így az egyes hatóanyagok, jelen esetben N, P, K hatóanyagok, valamint Q termésmennyiség.

Az egyéb állapot jellemzők a táblának szaktanácsadási szempontból lényegtelennek tartott állapot jellemzőit tartalmazzák $T(e_1, e_2, e_3 \dots e_m)$.

A feldolgozás adatbázisát az ország jelentős területén több éven keresztül gyűjtött tábla állapot jellemzők értékei adják. Az i -edik tábla j -edik évben észlelt tábla állapot jellemzőinek értékeit jelöljük $T_{i,j}$ ahol j az arhivált évek száma ($K1_{i,j}; K2_{i,j}; K3_{i,j} \dots Kn_{i,j}; N_{i,j}; P_{i,j}; K_{i,j}; Q_{i,j}; e1_{i,j}; e2_{i,j}; e3_{i,j} \dots em_{i,j}$)-vel, amelyek elemei az X adathalmaznak.

$$T_{i,j}(K1_{i,j}; K2_{i,j}; K3_{i,j}; \dots Kn_{i,j}; N_{i,j}; P_{i,j}; K_{i,j}; Q_{i,j}; e1_{i,j}; e2_{i,j}; e3_{i,j} \dots em_{i,j}) \in x$$

A talajerő szaktanácsadás szempontjából az X alap adathalmazból nekünk csak a kiválasztási és a célállapot jellemzőkre van szükségünk. Az X alap adathalmazból leszűrve a kiválasztási és a célállapot jellemzőket kapjuk az ún. Y szaktanácsadási halmazt.

$$T_{i,j}(K1_{i,j}; K2_{i,j}; K3_{i,j} \dots Kn_{i,j}; N_{i,j}; P_{i,j}; K_{i,j}; Q_{i,j}) \in Y$$

Arra a T_{i0} táblára, amelyre kérjük az N, P, K szaktanácsot, az összes többi szaktanácsadó táblával együtt „ömlesztve” megadjuk a tábla kódját, a betákarítási évet, a termesztendő növényt, az elérni kívánt termést és valamennyi kiválasztási állapotjellemező értékét. $T_{i0}(\text{kód, év, növ. } Q_0, K1_{i0}, K2_{i0}, K3_{i0} \dots Kn_{i0})$.

A szaktanácsadandó táblák közül, adott rögzített T_{i0} szaktanácsadandó táblára a következőképpen adjuk az N, P, K hatóanyag szaktanácsot.

Y szaktanácsadási adatbázisból kiválasztjuk a T_{i0} szaktanácsadandó táblával azonos táblákat.

A fenti azonossági relációnak megfelelően megvizsgáljuk, mely i, j index esetén áll fent együttesen az alábbi relációk mindegyike:

$$\begin{aligned} (K1_{i,j} - K1_{i0}) &\leq \varepsilon_1 \\ (K2_{i,j} - K2_{i0}) &\leq \varepsilon_2 \\ (K3_{i,j} - K3_{i0}) &\leq \varepsilon_3 \\ (Kn_{i,j} - Kn_{i0}) &\leq \varepsilon_n \end{aligned} \quad (1)$$

Azt a halmazt, amelynek i, j indexű elemeire a fenti azonossági relációk teljesülnek, nevezzük Z célhalmaznak. A gyakorlatban előfordulhat, hogy a szaktanácsadási tábla valamennyi kiválasztási állapotjellemezőjének értéke nem ismert. Ezeket az eseteket úgy tekintjük, mintha az azonossági reláció fenn-

állna. Előfordulhat továbbá, hogy egyes kiválasztási állapot jellemzők értékei az X alapadathalmazban aktuális értékek, viszont ugyanezen kiválasztási állapotjellemzők értékei T_{i0} szaktanácsadandó tábla esetén több megelőző év átlagértékei. (Pl. a szaktanácsadást követő időszak agrometeorológiai jellemzők aktuális értékei még nem ismertek, csak az előző évek átlagértékei.)

A Z célhalmaz $N_{i'f}$; $P_{i'f}$; $K_{i'f}$; $Q_{i'f}$ célállapot jellemzőit használjuk fel a T_{i0} táblára, az adott növényre és termésszintre vonatkozó N_{i0} ; P_{i0} ; K_{i0} hatóanyag mennyiség kiszámítására.

A Z célhalmaz $N_{i'f}$; $P_{i'f}$; $K_{i'f}$ változóit független változónak $Q_{i'f}$ változót függő változónak tekintve meghatározzuk

$$Q_{i'f} = f_1(N_{i'f}); \quad Q_{i'f} = f_2(P_{i'f}); \quad Q_{i'f} = f_3(K_{i'f}) \text{ polinomokat,} \quad (2)$$

ahol f_1 , f_2 , f_3 elsőfokú, ill. másodfokú polinomok vagy olyan magasabb fokú polinomok, amelyeknek a *megfigyelési értékek által definiált értelmezési tartomány alsó és felső korlátján belül legfeljebb egy szélső értéke van*. Fenti polinomok nem állandóak, hanem a szaktanácsadandó T_{i0} tábla kiválasztási állapot jellemzőinek értékeitől függő Z célhalmazból meghatározva mások és mások. Ez azt jelenti, hogy minden egyes táblához ki kell számítani a megfelelő polinomokat. Az „ömlesztve” megadott szaktanácsadandó táblák kiválasztási állapotjellemzői és bizonyos $\varepsilon - k$ ismeretében viszont a szaktanácsadandó táblákat magukat is egymással azonos csoportokba soroljuk, s így lehetőség nyílik kevesebb polinom kiszámítására a következőképpen.

A szaktanácsadandó táblákat jelöljük $T_{i0,t}(\text{kód}_t, \text{év}_t, \text{növény}_t, Q_{0t}, K1_{i0,t}, K2_{i0,t}, K3_{i0,t}, \dots, Kn_{i0,t}) \in Sz$.

$$t = 1, 2, \dots, r$$

Először a szaktanácsadandó táblák első $T_{i0,t}$ táblájával azonos szaktanácsadandó táblákat választjuk ki.

$$\begin{aligned} (K1_{i0,t} - K1_{i0,1}) &\leq \varepsilon_{1,1} \\ (K2_{i0,t} - K2_{i0,1}) &\leq \varepsilon_{2,1} \\ (K3_{i0,t} - K3_{i0,1}) &\leq \varepsilon_{3,1} \\ (Kn_{i0,t} - Kn_{i0,1}) &\leq \varepsilon_{n,1} \quad t = 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

A fenti feltételeknek elegettevő szaktanácsadandó táblák alkotják Sz_1 szaktanácsadandó részhalmazt, az ebbe tartozó valamennyi szaktanácsadandó táblát kilistázzuk.

A $T_{i0,1}$ szaktanácsadandó táblához tartozó Z_{Sz_1} célhalmaz, amelyet (0) kiválasztási relációk alapján Y szaktanácsadási adathalmazból választunk ki, (2)-vel azonos módon meghatározzuk:

$$Q_{i'f} = f_{1,Sz_1}(N_{i'f}); \quad Q_{i'f} = f_{2,Sz_1}(P_{i'f}); \quad Q_{i'f} = f_{3,Sz_1}(K_{i'f}) \text{ polinomokat.} \quad (4)$$

Az Sz_1 szaktanácsadandó részhalmazhoz tartozó és elemeit alkotó kilistázott valamennyi tábla Q_{0t} kívánt termésszint és (4) polinomok ismeretében valamennyi táblához kiszámítható az ajánlott N_t , P_t , K_t hatóanyag mennyiség. Abban az esetben, ha (4) polinomok valamelyike az értelmezési tartományon belül monoton nő és a kiszámított érték a megfigyelési adatok által definiált

értelmezési tartományba esik, a kiszámított értéket nem kell egyéb jelzéssel ellátni. A polinom fok számától függően előfordulhat, hogy a megfigyelési értékek által definiált értelmezési tartományon belül, több számított érték adódik, akkor a monoton növekvő polinom szakaszokból számított értékek közül a legkisebbet fogadjuk el, és mellé egy csillag írandó. Igen magas termésszint Q_{0t} esetén előadódhat, hogy a polinomokból számított értékek a megfigyelési értékek által definiált értelmezési tartományon kívül esnek, ebben az esetben is érvényes az előző meghatározási mód, minden esetre az így kiszámított érték után két csillag írandó. Ugyancsak igen magas termésszint esetén fordulhat elő, hogy a megadott függőváltozó értékhez nem tartozik megfelelő független változó érték, ilyenkor csupán három csillag írandó ki.

A megfigyelési értékek által definiált értelmezési tartományon belül, monoton csökkenő polinom esetén nem számítandó ki érték, helyette csak négy csillag írandó ki.

A gazdaságosság vizsgálatát végzi egy részmodell úgy, hogy a szaktanácsolt hatóanyag mennyiségét beszorozza a megadott költségjellemzőjével, s ennek az értéknek, a megcélzott termés és ár jellemző szorzatának egy adott %-a alatt kell lennie, ellenkező esetben öt csillag írandó ki.

Az Sz_1 szaktanácsadási részhalmazhoz hasonlóan az $Sz - Sz_1$ -ből azaz (3)-nak nem elegettevő részhalmazból képezzük Sz_2 szaktanácsadási részhalmazt.

Az $Sz - Sz_1$ részhalmaz első $T_{10,q}$ eleméhez választjuk ki a

$$\begin{aligned} (K1_{10,t} - K1_{10,q}) &\leq \varepsilon_{1,q} \\ (K2_{10,t} - K2_{10,q}) &\leq \varepsilon_{2,q} \\ (K3_{10,t} - K3_{10,q}) &\leq \varepsilon_{3,q} \\ (Kn_{10,t} - Kn_{10,q}) &\leq \varepsilon_{n,q} \quad t = r + 1, \dots \end{aligned} \quad (5)$$

feltételeknek elegettevő Sz_2 szaktanácsadási részhalmazt, s az ebbe tartozandó valamennyi táblát kilistázzuk. A $T_{10,q}$ szaktanácsadandó táblához Y szaktanácsadási adathalmazból (0) kiválasztási relációk alapján határozzuk meg Z_{Sz_2} célhalmazt, s ezekből határozzuk meg

$$Q_{i'j'} = f_{1,Sz_2}(N_{i'j'}); \quad Q_{i'j'} = f_{2,Sz_2}(P_{i'j'}); \quad Q_{i'j'} = f_{3,Sz_2}(K_{i'j'}) \quad \text{[polinomokat.]} \quad (6)$$

Az Sz_2 szaktanácsadandó részhalmazba tartozó táblák termésszintje és (6) polinomok alapján a már leírt módon oldható meg az $N_t, P_t, K_t, t = r \dots$ hatóanyag-mennyiség.

Mindaddig képezzük az $Sz_3 \dots$ szaktanácsadási részhalmazokat, amíg Sz valamennyi szaktanácsadandó tábláját bevontuk a kiválasztási relációkkal a megfelelő szaktanácsadási részhalmazokba és

$$Sz_1 \cup Sz_2 \cup Sz_3 \cup \dots = Sz$$

Az N, P, K szaktanácsadás outputjában megyénként és táblánként szaktanácsadási részhalmazonként kerül kilistázásra a táblák kódja, betakarítási év, növény, célhalmaz átlagtermés, átlag hatóanyag N, P, K ; kívánt termésszint és a javasolt N, P, K hatóanyag a megfelelő esetleges csillag jelöléssel ellátva.

Az előzőekből látható, hogy célszerű a szaktanácsadandó táblákat összegyűjtve és nem külön-külön modellezni ui. szaktanácsadási részhalmoz-képzés miatt kevesebbszer kell végig fésülni az egész Y szaktanácsadási adatbázist, és kevesebb polinomot kell meghatározni.

Az ismertetett módszer gyakorlati értékének kipróbálása érdekében magát a kiválasztási matematikai módszert a gyakorlatban is megvalósítottuk. Az Országos Tervhivatal Számítóközpontjának ICL-System 4 számítógépén dolgoztuk ki a kísérleti szaktanácsadási rendszert. A MÉM Növényvédelmi és Ágrokémiai Központban helyeztük el a terminált, ahonnan telefonvonalon keresztül interaktív üzemmódban használhatjuk a rendszert. A gép teszi fel és írja ki a kérdéseket és azt is, hogy hogyan kell rá válaszolni, ezáltal párbeszéd alakul ki a szaktanácskérő személy és a központi számítógép között. A kísérleti rendszerben 800 kukoricatábla adatait használtuk fel, s 1977. nyarán mutattuk be a kísérleti szaktanácsadást. A több mint 1 éves tesztelés kedvező eredménnyel zárult, tapasztalataink alapján kisebb változtatásokat hajtottunk végre, amely a módszer lényegét nem érinti. Bebizonyosodott, hogy a kiválasztási matematikai modell alapján működő szaktanácsadás már 800 tábla esetén is alkalmazható, s magából a módszer lényegéből fakad, hogy nagyobb adathalmazokon még kedvezőbb eredményeket lehet elérni.

Összefoglalás

A talajerő szaktanácsadás egysége a tábla, amelyet kiválasztási-, cél- és egyéb állapot jellemzőivel definiálunk. Az alapadat-halmazból hozzuk létre a szaktanácsadási halmazt. A szaktanácsadási halmazból kiválasztjuk a szaktanácsadandó tábla kiválasztási állapotjellemezőivel azonos táblák részhalmazát. A kiválasztott részhalmaz N, P, K műtrágya felhasználásai és a velük elért termés ismeretében adjuk meg az elérni kívánt terméshez alkalmazandó N, P, K hatóanyag szükségletét.

Irodalom

- [1] BÁN, I.: Biomatematika és alkalmazása a növénytermesztésben. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1977.
- [2] KOVÁCS, I., FEKETE, A. & HEGYI, G.: A műtrágyázási szaktanácsadásról. Magyar Mezőgazdaság. **32.** 000—000. 1977.
- [3] SARKADI, J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.

Érkezett: 1978. július 24.